

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Bakalářská práce

2017

René Franek

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Ochrana objektu před bleskem
Lighting protection system

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **René Franek**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: Ochrana objektu před bleskem
Lighting protection system

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický úvod - Blesk a jeho projevy
2. Legislativa v oblasti ochrany před bleskem
3. Návrh modelového případu
3. Závěr a vyhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] BURANT, J.: Blesk a přepětí: systémové řešení ochran. Praha: FCC Public s.r.o., 2006, ISBN 80-86534-10-3, 252 s.
- [2] www.dehn.cz
- [3] ROUS, Z.; SEDLÁČEK, S.; MARKS, W.: Hromosvody a zemniče. Praha: STRO.M, spol. s r.o., 1996, 76 s.
- [4] ČSN EN 62 305 Ochrana před bleskem
- [5] Katalogy, DEHN, OBO-BETTERMANN, ...

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

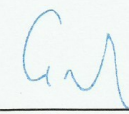
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "František", is centered on a light green rectangular background.

Abstrakt

Jak již z názvu můžeme odvodit, tato práce se bude zabývat návrhem hromosvodné soustavy dle platné normy ČSN EN 62305. Tato norma je v České republice v platnosti od konce roku 2006. Všechny její části a detaily jsou rozepsané v kapitole s názvem Normy. Celá tato práce se zabývá problematikou a nutností dodržení této normy, a zároveň návrhu hromosvodné soustavy, která bude tuto normu splňovat. Výsledek praktické části by měl být návrh hromosvodu, obsahující umístění jímacích tyčí, určení počtu svodů a velikost dovolené vzdálenosti, návrh uzemnění celé soustavy a použití přepětových ochran uvnitř objektu. Celý tento návrh byl proveden za pomoci metody ochranného úhlu. Dále by tento návrh měl sloužit k sestrojení modelu tohoto hromosvodu.

Klíčová slova: Hromosvodná soustava, norma, jímací tyč, svodič, dovolená vzdálenost, uzemnění, přepětová ochrana.

Abstract

As we can induce from a title of this bachelor thesis, this work is dedicated to design of lighting conductor, according to norm ČSN EN 62305. This norm is in Czech republic applied since the end of year 2006. All its parts and details are carefully detailed in chapter called Normy. All this thesis is dealing with problematics and need of keeping this norm in valid when designing a lighting conductor, as well as designing lighting conductor that would be right according to this mentioned norm. A result of practical part of this thesis, should be a valid lighting conductor proposal, consisting of interception rod placement, proposal of a number of lead-in wires and size of allowable distance, proposal of grounding and use of overvoltage protection inside the building. Whole project was made by protective angle method. This project should lead to construction of model of this lighting conductor.

Key words: Lighting conductor, norm, interception rod, lead-in wire, allowable distance, grounding, overvoltage protection.

Obsah

Seznam ilustrací.....	8
Seznam zkratk.....	9
1. Úvod.....	10
1.1. Historie	10
1.2. Blesk.....	10
1.3. Parametry bleskového proudu.	12
1.4. Ochrana před bleskem.....	13
2. Teorie.....	14
2.1 Jímače.....	14
2.2 Svody.....	17
2.3 Uzemnění	18
2.4 Vnitřní systém ochrany před bleskem	20
3. Realizace.....	24
4. Normy.....	32
Norma ČSN 62305-2: Řízení rizika	33
Norma ČSN 62305-3: Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života	34
ČSN EN 62305- 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách.....	37
5. Závěr.....	39
6. Použitá literatura.....	40

Seznam ilustrací

Obr. 1 Dobový nákres Divišova hromosvodu[10]	10
Obr. 2 Bouřkový mrak[9]	11
Tab. 1 Parametry blesků[8]	12
Obr. 3 Znázornění klasického hromosvodu[11]	13
Obr. 4 Jímací tyč[13]	15
Obr. 5 Jímací vedení.[18]	15
Tab. 2 Poloměry podle třídy LPS.	16
Obr. 6 Znázornění metody valící se koule.[13]	16
Obr. 7 Znázornění metody ochranného úhlu.[19]	17
Tab. 3 Velikosti ok podle třídy LPS	17
Tab. 4 Vzdálenosti podle třídy LPS	18
Tab. 5 Rezistivita druhů zeminy.	19
Tab. 6 Povolené kombinace materiálů.	20
Tab. 7 Zóny LPZ.	21
Obr. 8 Rozmístění zón LPZ a ochran SPD[13].	21
Obr. 9 Kombinovaný svodič typ 1[8]	22
Obr. 10 Zabezpečovaný objekt	24
Tab. 8 Vysvětlivky k riziku	25
Obr. 11 Výpočet rizika bez návrhu LPS	26
Obr. 12 Výpočet rizika s LPS III.	27
Obr. 13 Umístění jímačů, rozmístění svodů.	28
Obr. 14 Výpočet dovolené vzdálenosti	29
Obr. 15 Výpočet zemnicí soustavy	30
Tab. 9 Parametry bleskového proudu dle normy ČSN 62305-1[8].	32
Tab. 10 Kritéria[8].	33
Tab. 11 Přípustné metody návrhu jímací soustavy[8]	34
Tab. 12 Hodnoty ochranného úhlu a vzdáleností do 33 m.[8]	35
Tab. 13 Podmínky pro použití plechových krytin a potrubí jako jímacího vedení[8]	35
Tab. 14 Doporučená výška jímačů nad plechovou střechou[8]	36

Seznam zkratek

LPS - systém ochrany před bleskem

LPS I, II, III, IV- hladiny ochrany před bleskem

LPZ – zóna ochrany před bleskem

LPZ 0, 1, 2, 3 – jednotlivé zóny

SPD – svodič přepětí

SPD I, II, III

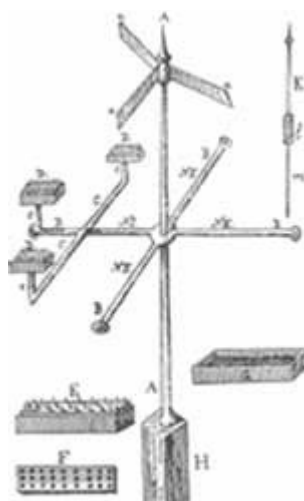
LEMP – Elektromagnetický impuls vyvolaný bleskem

1. Úvod

Tato práce se zabývá konstrukcí bleskosvodné soustavy pro daný objekt, zhotovené podle platné normy ČSN EN 62305 [3]. Tato norma je platná od konce roku 2006 a popisuje problematiku ochrany objektu před nebezpečným přepětím vyvolaným úderem blesku do objektu nebo vedení a zároveň popisuje metody návrhu, umístění a realizaci celé soustavy.

1.1. Historie

Jako první se začal problematikou hromosvodů zabývat Prokop Diviš (1696-1790). Předpokládal, že pomocí hrotů bude z mraků stahovat elektřinu a tím zabrání bleskům. Jeho vynález roku 1749 zdokonalil Benjamin Franklin, který ustanovil, že tyče musí být délky 2,6-3,4 metrů, zakončené do pozlacené špičky, aby nepodléhala korozi. V konečném důsledku Benjamin Franklin stanovil nutnost zabránění úderu blesku do objektu a svést ho pomocí železné tyče bezpečně do země. Jeho první zkonstruovaný hromosvod, který zkonstruoval, byl maják roku 1766. [10], [12]

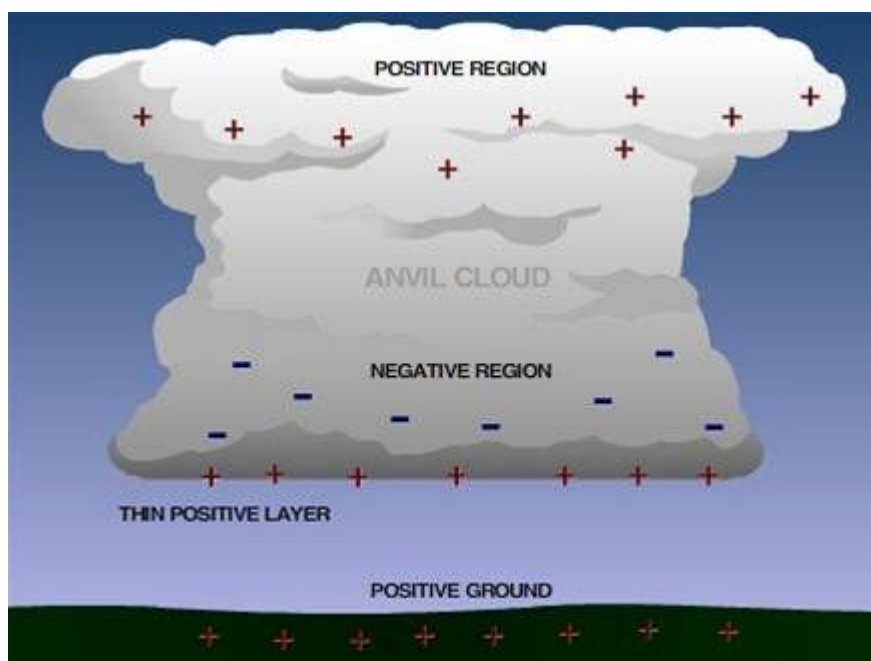


Obr. 1 Dobový náčrt Divišova hromosvodu [10]

1.2. Blesk

Zdrojem blesků je v nejčastějších případech bouřka. Mraky, ze kterých se tvoří blesky, se nazývají kumulonimby a poznáme je podle kvěťkovitého tvaru. Předzvěstí blížící se bouřky bývá blížící se oblačnost, možné dusno a zvedající se vítr. Dále také vzdálené hřmění a blýskání. Vzdálenost lze snadno odhadnout pomocí rychlosti zvuku. Z toho poznáme, zda je situace pro nás nebezpečná.

Na začátku dochází v mracích ke dvěma jevům. Teplý vzduch, který stoupá vzhůru, je ochlazován do bodu, kdy dosáhne teploty nasycení vodních par. V tomto okamžiku dochází k vytvoření kapek. Při této kondenzaci se vzduch znovu zahřeje a opět stoupá. Dále se opět ochlazuje, a to až pod nulu. Mrznutí znamená opětovné uvolnění tepla, které má za následek zrychlování stoupání. Přitom dochází ke vzniku a rozdělování elektrických nábojů v kapičkách vody nebo ledu. Kladně nabitě částičky jsou zpravidla "lehčí" než záporné. To vede k tomu, že se v bouřkovém mraku oddělí oblasti s kladným nábojem nahoře (nebo naopak úplně dole) a záporným nábojem uprostřed. [8]



Obr. 2 Bouřkový mrak[9]

Z fyzikálního hlediska je bouřkový mrak obrovský generátor elektrostatické elektřiny, kde každá buňka je schopná produkovat průměrně dva až čtyři blesky za minutu, intenzita elektrického pole dosahuje řádově stovky kV/m.

Přestože blesky neobsahují nijak zvláště vysokou energii, v průměru několik kilowatthodin, může blesk i při jednom úderu o délce trvání jedné tisícině sekundy způsobit na zařízeních vznik velmi vysokých napětí a vysokých bleskových proudů, někdy i vyšších než 200 kA. Tepelné účinky těchto proudů mohou roztavit tenčí dráty nebo ohřát jiné předměty na jejich zápalnou teplotu. To má za následek vznícení samotných předmětů, nebo v horším případě i explozi. Například v případě když blesk projde vlhkým zdivem, trámy nebo stromy, způsobí prudké uvolnění vodních par v materiálu. Ty poté roztrhnou trám, zeď či strom jako při výbuchu, aniž by byly zapáleny.

Abychom předešli úderu blesku, je třeba si vyjmenovat místa bezpečná i nebezpečná. Nejbezpečnější místa, která nám poskytují ochranu před bleskem, jsou budovy s hromosvodem. Dále pak vozidla s celokovovou karosérií, železniční vagóny anebo kovové kabiny lanové dráhy. V případě blížící se bouřky bychom se neměli zdržovat venku v blízkosti vysokých budov bez hromosvodu, vysokých stromů nebo bychom se neměli pohybovat po otevřené pláni s nízkou vegetací, kde tvoříme nejvyšší bod.[8]

1.3. Parametry bleskového proudu.

Maximální hodnotu bleskového proudu i_{\max} (A) stanovíme z maximální hodnoty proudu, kterou proud dosáhne v průběhu prvního dílčího bleskového výboje. Tato hodnota bleskového proudu i_{\max} určuje maximální úbytek napětí na odporu uzemnění zasaženého objektu, tzn. zvýšení jeho potenciálu vůči vzdálenému okolí (zemi).

Celkový náboj bleskového proudu Q (As příp. C) se skládá z náboje impulsního proudu Q_s a náboje dlouhodobého proudu Q_l . Tyto náboje jsou definovány jako časové integrály jednotlivých proudů (plocha pod křivkou). Náboj bleskového výboje Q ovlivňuje výměnu energie bezprostředně v místě úderu blesku a všude tam, kde bleskový proud proniká ve formě oblouku přes izolační vrstvu. Elektrický oblouk způsobuje roztavení a následné rozstříknutí materiálu nejen na jímačích, ale také na elektrodách ochranných jiskřišť bleskojistik. Měřením v laboratořích vysokého napětí bylo zjištěno, že největší podíl na tavení a propalování materiálů má dlouhodobý proud. Na základě těchto analýz byly sestaveny matematické závislosti umožňující nejen vypočítat předpokládané množství vytaveného materiálu, ale i jeho minimální požadovanou tloušťku.

Měrná energie bleskového proudu W/R (A^2s příp. J/W) je definována jako časový integrál druhé mocniny impulsní části proudu; příspěvek dlouhodobého proudu je zanedbatelný.

Měrná energie bleskového proudu W/R je rozhodující pro oteplení a elektrodynamické namáhání vodičů, jimiž protéká bleskový proud. Množství energie, které se vlivem odporu vodiče přemění v teplo, umožňuje stanovit minimální průřez vodiče, tak aby jejich případné oteplení odpovídalo stanoveným požadavkům.

Výpočty mechanického namáhání způsobeného elektrodynamickými silami nemají v praxi zpravidla většího významu, neboť se jedná o pevná uložení.

Strmost čela bleskového proudu má vliv na velikost indukovaného napětí v instalačních smyčkách. Strmost čela bleskového proudu di/dt (A/s) definuje změnu velikosti proudu za jednotku času. Na základě velikosti indukovaného napětí lze stanovit bezpečnou vzdálenost vodivých instalací od hromosvodu, případně stanovit další nutná opatření. [8]

třída ochrany	I	II	III	IV
maximální hodnota proudu blesk. výboje i_{\max} [kA]	200	150	100	100
celkový náboj blesk.výboje Q [C]	300	225	150	150
měrná energie blesk.výboje W/R [kJ/Ohm]	10000	5600	2500	2500
průměrná strmost blesk.proudu di/dt [kA/ μs]	200	150	100	100

Tab. 1 Parametry blesků[8]

1.4. Ochrana před bleskem

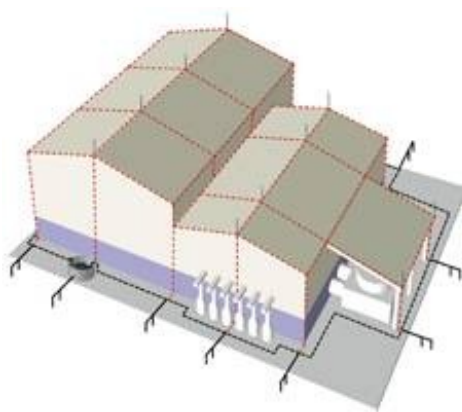
K ochraně před bleskem nám slouží hromosvod. Ten je sestaven z jímacího zařízení, svodů a soustavy k uzemnění. Hromosvod je vlastně realizace Faradayovy klece, ovšem z důvodu silného elektromagnetického pole, které doprovází výboj, je třeba tuto ochranu doplnit ještě o stínění budovy podle konkrétních možností. Bez ohledu na zákonná ustanovení by se hromosvody měly instalovat vždy v těchto případech:

- když objekty zřetelně převyšují své okolí, jako např. objekty na vrcholcích hor, výškové domy, věže.
- když objekty mají měkkou střešní krytinu ze dřeva nebo slámy nebo když při jejich stavbě bylo použito lehce vznětlivých materiálů.
- když se v objektu skladují výbušné látky, nebo když jsou instalována průmyslová zařízení potenciálně ohrožující okolí.
- když je třeba zvláštním způsobem ochránit osoby a kulturní hodnoty.

Pokud zákony (zejména Stavební zákon) nestanovily jinak, je instalace hromosvodu dobrovolným rozhodnutím majitele objektu.

Hlavní a nejúčinnější ochranné opatření staveb před hmotnými škodami tvoří systém ochrany před bleskem (LPS). Je obvykle složen ze dvou systémů: vnějšího a vnitřního systému ochrany před bleskem.

Samotnou ochranou staveb před hmotnými škodami a ochranou živých bytostí před úrazem dotykovým a krokovým napětím se zabývá norma ČSN EN 62305 a její dodatky. Více o této normě v kapitole Normy. [1], [8], [11], [12]



Obr. 3 Znáznornění klasického hromosvodu[11]

2. Teorie

Vnější ochranou před bleskem rozumíme všechna instalovaná zařízení, která nám zvenku, ale částečně i uvnitř, chrání objekt před účinky bleskového proudu. Při zřizování hromosvodu, se v budovách s ocelovým skeletem, nebo v budovách tvořených železobetonem, spojí tyto kovové části se svody. Všechny kovové části na budově se nejkratší cestou spojí s hromosvodem.

Na střechu budovy se rovněž umísťuje jímací zařízení, skládajícího se z jímacího vedení, umístěného na hřebeni nebo ploše střechy, a jímacích tyčí, umístěných na místech vyčnívajících nad střechu objektu. Tyto místa jsou např. komíny, světlíky nebo různá větrací potrubí.

Z této jímací soustavy vedenou zdmi, nebo podél budovy kolmo k zemi svody do uzemňovací soustavy. Kovovými vodiči vlastně opíšeme ve velkých smyčkách obrys budovy.

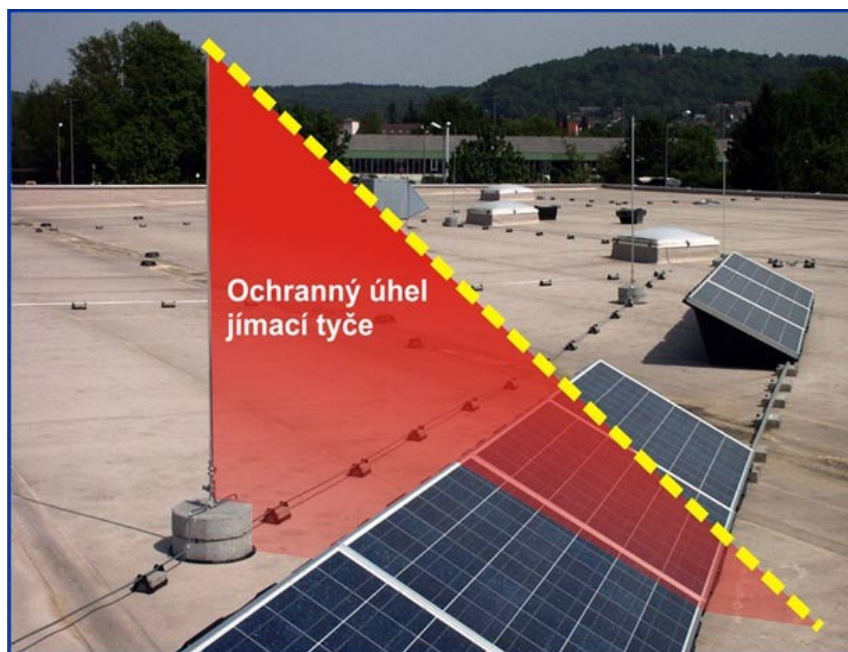
Dimenzujeme-li uzemňovací soustavu, je třeba dbát na hodnotu měrného odporu půdy. Stejně tak toto pravidlo platí i pro základový zemnič. Všechny přechody mezi betonovým základem, zemí a vzduchem musí být ošetřeny proti účinkům koroze. K tomu nám slouží vodiče opatřené izolací nebo vodiče z vysoce jakostní nerezavějící oceli (V4A). Tyto vodiče splňují výše uvedené požadavky. Montáž hromosvodu a uzemnění musí být prováděna odborníkem nebo pod jeho odborným dohledem. K hromosvodu patří nevyhnutelně potenciálové vyrovnání, nazvané též vnitřní ochrana před bleskem.

Anténní a datové kabely musí být též připojeny k ochraně před bleskem, a to buď uzemněním vnějšího stínění, nebo podle potřeby pomocí další stínících trubek. [1], [8], [11], [17]

2.1 Jímače

Jímače jsou části hromosvodu určené pro zachycení blesku. Mezi jímače bleskových výbojů patří: tyče, zavěšená lana či mříže.

Tyčový jímač je plná ocelová tyč vztyčená kolmo vzhůru zpravidla na nejvyšších místech chráněného objektu. Ochranné pásmo tyčového jímače má tvar kužele s vrcholem na horním konci tyče se sklonem pláště 45° (vrcholový úhel 90°). Z tohoto důvodu musí mít jímač takovou výšku, aby svým ochranným pásmem spolehlivě pokryl všechny části objektu. V případě větší půdorysné plochy chráněného objektu rozmístíme více jímacích tyčí. [12], [13], [17]



Obr. 4 Jímací tyč[13]

Jímací vedení je tvořeno ocelovým pozinkovaným drátem, vedeným po střeše objektu, rovnoběžně s jejím povrchem. Ochranné pásmo takového jímacího vedení má tvar trojúhelníku se sklonem 45° na obě strany a vrcholem 90° na jímacím vedení, sunutého po ose jímacího vedení. Vedeme-li tedy takovéto jímací vedení po sedlové střeše se sklonem větším než 45° , je tato jímací soustava jako ochrana před bleskem dostačující.



Obr. 5 Jímací vedení.[18]

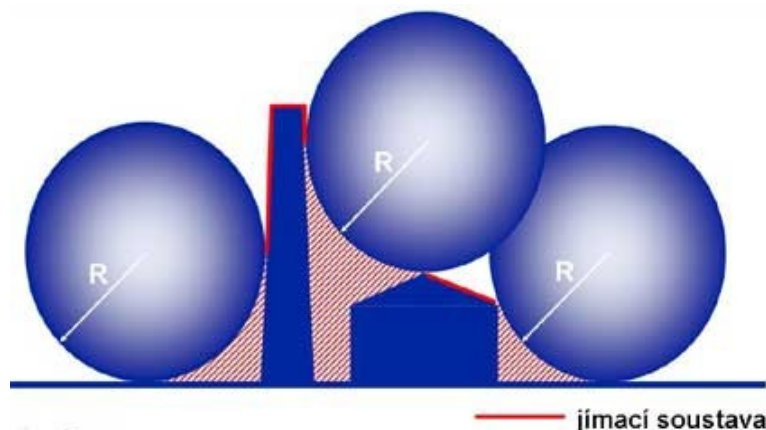
Je-li sklon střechy menší než 45° , musíme jímací vedení doplnit v určitých vzdálenostech příčnými vedeními. Tím docílíme vytvoření mřížové jímací soustavy. Vzdálenost mezi dvěma příčnými dráty nesmí být větší než 20 m a vzdálenost mezi dvěma podélnými dráty nesmí být větší než 60 m. Takováto příčná a podélná vedení jsou propojena, tak aby tvořila síť.

Je-li na střeše chráněného objektu vyvýšená část (např. komín), kterou ochranné pásmo jímací soustavy nepokrývá, musíme tuto část doplnit o vlastní jímací tyč. Jímače se umísťují na odkrytá místa, na rohy a hrany budovy v nejvyšších částech objektu a to podle kritérií, které stanoví některé z akceptovaných metod.

Metoda valící se koule: Je to univerzální metoda používaná pro složitější objekty nebo pro komplexy objektů. Metoda vychází z obecně přijatého mechanismu šíření čela bleskového výboje. Chráněný prostor vymezuje objem mezi koulí a jímačem, o který se koule opírá. V místě, kde se valící se koule přímo dotýká chráněného objektu je potřeba doplnit o vhodný jímač. Zároveň se nám vytvoří zóny, ve kterých je přímý úder blesku nepravděpodobný. Zařízení umístěná v tomto prostoru jsou chráněná před přímým úderem blesku, nejsou však chráněná před elektromagnetickými účinky vyvolanými bleskem. Takovou ochranu nám zajišťují jiná opatření. Poloměr valící se koule stanovíme dle třídy LPS. Tyto údaje najdeme níže v tabulce 2. [14], [12], [17]

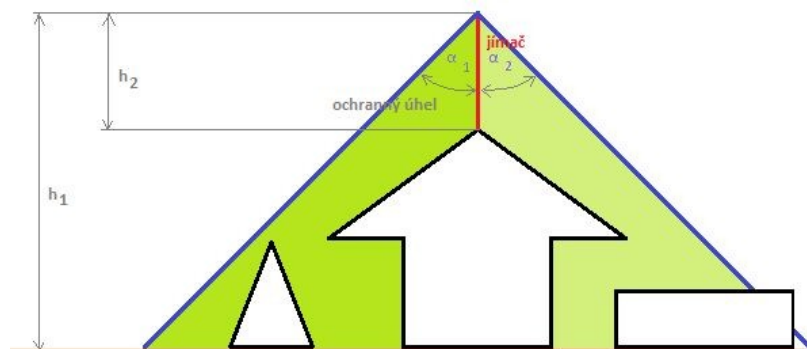
třída LPS	poloměr valící se koule (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

Tab. 2 Poloměry podle třídy LPS.



Obr. 6 Znáznornění metody valící se koule. [13]

Metoda ochranného úhlu: Tato metoda se používá pro jednoduché objekty, nebo pro jednodušší části složitějších objektů. Chráněný prostor nám představuje kužel s úhlem α u vrcholu kuželu, který je závislý na výšce jímací tyče. Lze říci, že metoda ochranného úhlu je zjednodušením metody valící se koule.



Obr. 7 Znáznornění metody ochranného úhlu.[19]

Metoda mřížového jímače: Je vhodnou metodou v případě rovných povrchů. Velikost oka mříže je určena úrovní ochrany. Každá mříž, musí být zhotovena tak, že každý horizontální vodič pokračuje do svodu, který vede co nejkratší cestou do země. [14][17]

třída LPS	velikost ok (m)
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

Tab. 3 Velikosti ok podle třídy LPS

Účelem je vytvořit ochrannou zónu tak, aby v ní byl pokrytý celý objekt. V případě vyšších budov (nad 60m), můžeme z metody valící se koule vypočítat problém úderu blesku ze strany. V takovémto případě umístíme jímače nikoli pouze na střechu objektu, ale i po stranách objektu.

Jako jímače můžeme rovněž použít kovové krytiny, ovšem pouze jsou-li pospojovány trvanlivými spoji. Potřebnou tloušťku krytiny určíme podle podkladu krytiny. [14][17]

2.2 Svody

Svody nám zajišťují vodivé propojení jímací a uzemňovací soustavy, a zároveň je umístíme do hromosvodné soustavy, aby co nejkratší cestou odvedly náboj bleskového proudu bezpečně do země. Tuto činnost svody provádějí v několika paralelních drahách. U těchto drah musíme zajistit jejich nejprímější cestu, aby nevznikaly případné smyčky. Zamezíme tak nebezpečným přeskokům do kovových částí stavby. Obecně platí, že čím je větší počet svodů, tím menší je dovolená vzdálenost od vnitřních systémů budovy. Počet svodů určujeme na základě střešního obvodu stavby. Tuto hodnotu vydělíme vzdáleností mezi jednotlivými svody, určenou na základě třídy LPS dle tabulky 4. Výsledný počet svodů rovnoměrně rozdělíme po obvodu stavby s tolerancí $\pm 20\%$. Není-li možno z různých důvodů tyto vzdálenosti dodržet a musíme vzdálenosti upravit, neměly by se svody přiblížit na vzdálenost 1/3 hodnot tabulky. Svody je vhodné umísťovat na nechráněné rohy budovy.

třída LPS	vzdálenost mezi svody (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

Tab. 4 Vzda lenosti podle třídy LPS

Svody mohou být realizovány jako vnější, v podobě drátu připevněného ke zdi objektu, jako skryté, nebo jako vnitřní. Nesmí být uloženy v oka pech či okapových rourách, a to i v případě že jsou obaleny izolací. Je tomu tak z důvodu hrozící silné koroze. Je doporučeno dodržovat dovolenou vzdálenost i od dveří a oken budovy. [12][17]

Svody smí být instalovány:

- Na, nebo uvnitř stěny z nehořlavého materiálu.
- Na stěně z lehce hořlavého materiálu, pokud zvýšení teploty nepřekročí zápalnou teplotu materiálu stěny.
- V případě, kdy by teplota překročila bezpečnou mez, musíme svody umístit tak aby jejich vzdálenost od stěny byla nejméně 1,1m. Pakliže nemůžeme zajistit ani tuto vzdálenost, musíme zajistit, aby průřez svodu byl minimálně 100 mm²

2.3 Uzemnění

Další, velmi důležitou součástí hromosvodu, je zemnicí část. Toto uzemnění slouží k bezpečnému rozvedení bleskového proudu v zemi, při němž se redukuje nebezpečné přepětí. Uzemnění musí být vhodným způsobem spojeno s potenciálním vyrovnáním. Obecně by zemní odpor neměl překročit 10 Ω. V praxi se ovšem zemní odpor odvíjí podle druhu půdy a její rezistivity. Příklady rezistivity pro různé druhy půdy jsou v tabulce 5 umístěné níže.

Druh zeminy	Rezistivita (Ω/m)
rašelina	30
ornice	100
vlhký písek	200-300
vlhký štěrk	300-500
suchý písek/štěrk	1000-3000
suchá kamen. půda	3000-10000

Tab. 5 Rezistivita druhů zeminy.

Hodnota zemního odporu: $R = k * (\rho / l)$

kde: k ... konstanta podle provedení zemních vodičů (deska $k = 0,25$ – pásy $k = 2$ až $2,5$)

ρ ... měrný odpor zeminy

l ... největší z rozměrů sondy (elektrody) – obvykle délka zatlučená v zemi

V praxi se používají dva druhy zemnicích soustav. Jsou to:

typ A – zemniče spojené s jednotlivými svody,

typ B – obvodový zemnič vně objektu, nebo základový zemnič.

Zemnič typu A je horizontální nebo vertikální zemnič, který je spojen s každým svodem. Z toho vyplývá, že celkový počet těchto zemničů je minimálně dva. Minimální délka zemničů se měří od paty svodu. Zemní odpor lze snížit prodloužením zemničů, nebo použitím speciálních směsí pro zasypání zemničů. Zemnič typu A musí být veden vně chráněného objektu s horním koncem nejméně 0,5 m nad povrchem, a podle možnosti co nejrovnoměrněji rozdělen, abychom zamezili účinkům elektrické vazby.

Zemnič typu B je obvodový zemnič uložen vně objektu s 80% své celkové délky uloženým minimálně 0,5m v zemi a ve vzdálenosti asi 1m od obvodové zdi. Nebo ho můžeme použít jako základový zemnič, který má formu mříže nebo klece. Jako náhodných zemničů lze použít vzájemně spojené ocelové armování v základovém betonu nebo jiné vhodné kovové konstrukce. Ty však musí vyhovovat požadavkům z hlediska tvarů a rozměrů strojených zemničů (viz. ČSN EN 62305-3). Zemnič typu B se doporučuje použít u kamenitých půd nebo do prostředí s vysokým nebezpečím požáru.

Zemniče musí být vedeny tak aby mezi zařízeními nebyly možné přeskoky. Rovněž musíme docílit toho, aby byl zemní odpor co nejstabilnější. Z tohoto důvodu musíme hloubku vybrat tak, aby byl vliv koroze, vysychání a zamrzání půdy co nejmenší. Součásti LPS musí rovněž odolat působení elektrodynamických sil vzniklých průchodem bleskového proudu. Jako materiály se používají materiály uvedené v tabulce č. 6, nebo z materiálů s podobnými elektrickými, chemickými a mechanickými vlastnostmi. Spojování se provádí pájením natvrdo, svorkami, drátky, šrouby nebo nýty. Propojení ocelových armatur v železobetonu musí být též dostatečně odolné. Všechny spoje zemničů a zejména podzemní spoje uzemňovacích přívodů se musí chránit proti korozi pasivní ochranou (například asfaltovou zálivkou, licí pryskyřicí, antikorozní páskou apod.) a protikorozní ochrana nesmí ovlivňovat v žádném případě vodivost spojů. [2], [12], [17]

Materiál	pozink. ocel	hliník	měď	nerez. ocel	titan	cín
pozink. ocel	ano	ano	ne	ano	ano	ano
hliník	ano	ano	ne	ano	ano	ano
měď	ne	ne	ano	ano	ne	ano
nerez. ocel	ano	ano	ano	ano	ano	ano
titan	ano	ano	ne	ano	ano	ano
cín	ano	ano	ano	ano	ano	ano

Tab. 6 Povolené kombinace materiálů.

2.4 Vnitřní systém ochrany před bleskem

Jak již sám název napovídá, vnitřní systém ochrany před bleskem nám slouží k ochraně vnitřní části budovy před nebezpečným přepětím, způsobeným průchodem bleskového proudu. Ochrany je dosaženo tak, že se v celém objektu provede ekvipotenciální pospojování.

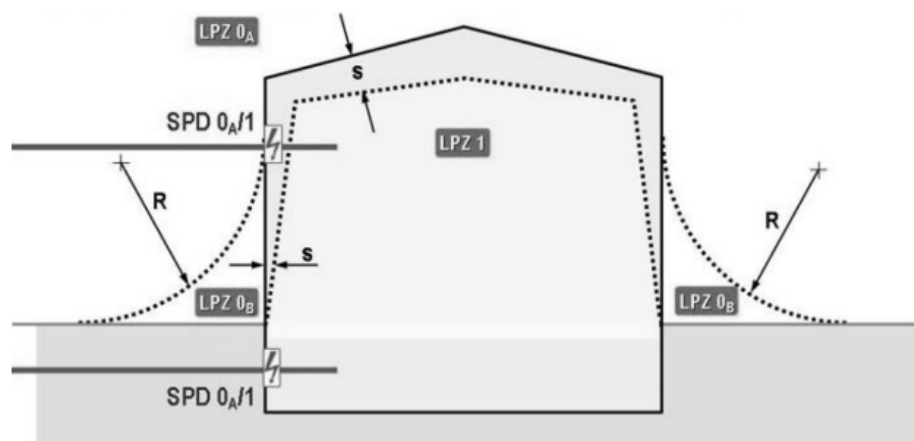
Ekipotenciálního pospojování, nebo též vyrovnání potenciálů dosáhneme propojením systému ochrany před bleskem s kovovými částmi stavby, kovovými instalacemi, vnitřními systémy, vnějšími vedeními a vodivými částmi připojeným ke stavbě. Pospojování musí být provedeno co nejkratší cestou a co nejprůměji. Při takovémto propojení, musíme uvažovat, že se část případných bleskových proudů může objevit i na vnitřních systémech.

Přesto že máme provedenou vnější ochranu před bleskem, nelze zabránit působení atmosférického výboje a elektromagnetického pole i uvnitř objektu. Tuto ochranu nelze zajistit jedním ochranným zařízením, a tak norma ČSN 62 305 definovala tzv. zóny ochrany LPZ, a to vně i uvnitř objektu, při přímém i nepřímém úderu blesku. Abychom snížili nebezpečné vlivy vyvolané přepětím, musíme na rozhraní každé zóny provést vyrovnání potenciálů a musíme zde umístit zařízení na ochranu před přepětím SPD. Rozdělení zón LPZ najdeme v tabulce umístěné níže.

Vnější zóny	
LPZ 0 _A	Prostor s možným přímým úderem blesku. Impulsní proudy jsou maximální, elektromagnetické pole je netlumené.
LPZ 0 _B	Prostor chráněný pře přímým úderem blesku, impulsní proudy dosahují hodnoty dílčích bleskových proudů
	Elektromagnetické pole výboje je netlumené
Vnitřní zóny	
LPZ 1	Prostor za obvodovými zdmi a pod střechou objektu
	Impulsní proudy jsou rozděleny a omezeny svodiči, elektromagnetické pole je tlumené prostorovým stíněním
LPZ 2	Prostor za vnitřními stěnami objektu
	Impulsní proudy jsou rozděleny a omezeny svodiči.

Tab. 7 Zóny LPZ

Rozmístění zón LPZ a umístění ochran SPD na rozhraní zón můžeme vidět na obrázku níže.



Obr. 8 Rozmístění zón LPZ a ochran SPD[13]

Není třeba zdůrazňovat, že přepětí, vzniklé při přímém či nepřímém úderu blesku do objektu nebezpečně zatěžuje elektroinstalaci a připojené spotřebiče. Máme-li správně provedené pospojování pro vyrovnání potenciálu, pak je potenciál na všech neživých částech stejný a vše je v pořádku. Naopak rozdílný potenciál mají přiváděná vedení. Při úderu blesku tak vzniká nebezpečí průrazu izolace kabelů a následné ohrožení celé elektroinstalace a připojených zařízení.

Před těmito účinky chráníme objekt doplněním vnitřní ochrany před bleskem LPZ, do vnějšího LPS. Tyto svodiče přepětí rozdělujeme:

- SPD typu 1 - mohou svádět dílčí bleskové proudy při přímém úderu blesku. U těchto

SPD se používají jiskřiště (při určitém napětí se mezi elektrodami zapálí oblouk

a svodič se chová jako vodič) i varistory.

- SPD typu 2 se umísťují na rozhraní zón 1 a 2. Instalují se do podružných rozvaděčů.

Používají se u nich varistory (napětově závislé odpory).

- SPD typu 3 chrání spotřebiče. Používají se supresorové diody (speciální Zenerovy

diody pro vysoké proudy a velmi krátké časy (10^{-12} s).



Obr. 9 Kombinovaný svodič typ 1 [8]

Pro správné použití svodičů přepětí je třeba dosáhnout tzv. energetické koordinace. Tím je myšleno postupné snižování energie přepětí na hodnotu, při které nedojde ke zničení chráněného zařízení ani samotných přepětěvých ochran. Pro dosažení takovéto koordinace musí být od sebe jednotlivé stupně ochrany vzdáleny alespoň 10 metrů. V případě nedostatečné vzdálenosti, se mezi jednotlivé stupně ochrany, sériově zapojí oddělovací tlumivky s indukčností až 15 μ H.

Vzdálenost mezi SPD typu 2 a typu 3 by měla být alespoň 5 metrů, a vzdálenost spotřebiče od SPD typu 3 by neměla překročit 5 metrů. SPD typ 3 se instaluje v první zásuvce a dále ve vzdálenosti 10-15 metrů. Pro správný návrh přepětěvých ochran je nutné použít ochrany vždy od jednoho výrobce a použití jeho dokumentace.

Norma ČSN 33 2000-4-443 ed. 2 nám rozděluje rozvody sítí NN do několika kategorií. Tyto kategorie určují maximální impulsní výdržná přepětí. Svodiče přepětí pak zajišťují, že k překročení této hladiny nedojde. [1], [6], [8], [16]

Kategorie stanovující maximální impulsní výdržná přepětí:

- Zařízení kategorie I (1,5 kV) – připojené k pevné instalaci (počítače, ústředny apod.)
 - Zařízení kategorie II (2,5 kV) – připojené k pevné instalaci (spotřebiče pro domácnost, ruční nářadí apod.)
 - Zařízení kategorie III (4 kV) – patří do pevné instalace (rozvaděče, kabely atd.).
 - Zařízení kategorie IV (6 kV) – jsou určena pro použití na začátku elektrických instalací v budovách před hlavním rozvaděčem (přípojkové skříně, elektroměrové rozvaděče apod.).
- [12]

3. Realizace

V této části se již budu zabývat samotným návrhem hromosvodu a následně sestavením jeho modelu. Objekt, který budu zabezpečovat, je dvoupatrový rodinný dům, tvaru kostky, nacházející se v příměstské části města Příbora, zvané Na Benátkách. Dům má rozměry půdorysu 11 x 11,8 metrů a výšku 8 metrů. V okolí domu se nacházejí pouze domy podobného tvaru a výšky.



Obr. 10 Zabezpečovaný objekt

Abychom správně posoudili potřebu a rozsah provedení ochranných opatření, je třeba provést analýzu možných rizik. Cílem takovéto analýzy je stanovit míru rizika, a následně ji snížit na úroveň rizika přípustného. Míra rizika u objektu je dána jeho polohou, příčinou poškození, typem škod a typem ztrát.

Každé riziko R je součtem dílčích rizik:

R1- na lidských životech

R2- na veřejných službách

R3- na kulturním dědictví

R4- ekonomických hodnot ve stavbách

V našem případě je objekt celoročně obýván, a proto musíme při analýze rizika počítat s rizikem R1- na lidských životech. Toto riziko dále sestává z dílčích rizik, a to:

$$R1 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ$$

Po přímém úderu blesku do stavby	
R_A	Riziko úrazu živých bytostí vlivem dotykových a krokových napětí vně stavby
Po přímém úderu blesku do stavby	
R_B	Riziko vztahující se k hmotné škodě způsobené nebezpečným jiskřením uvnitř stavby, které má za následek požár nebo výbuch
Po přímém úderu blesku do stavby	
R_C	Riziko související s poruchou vnitřních systému způsobené LEMP. Elektromagnetické účinky bleskového proudu
Po úderu blesku v blízkosti stavby	
R_M	Riziko vztahující se k poruše vnitřních systémů způsobené LEMP. Elektromagnetické účinky bleskového proudu
Po přímém úderu blesku do inženýrské sítě připojené ke stavbě	
R_U	Riziko vztahující se k úrazu živých bytostí uvnitř stavby vlivem dotykového napětí, následkem zavedeného bleskového proudu
Po přímém úderu blesku do inženýrské sítě připojené ke stavbě	
R_V	Riziko související s hmotnou škodou (požár nebo výbuch), vlivem části bleskového proudu na vstupu vedení do stavby
Po přímém úderu blesku do inženýrské sítě připojené ke stavbě	
R_W	Riziko související s poruchou vnitřních systémů - způsobeno vlivem indukovaných přepětí na vstupních vedení
Po přímém úderu blesku do inženýrské sítě připojené ke stavbě	
R_Z	Riziko související s poruchou vnitřních systémů - způsobeno vlivem indukovaných přepětí na vstupních vedení a přenesených do stavby

Tab. 8 Vysvětlivky k riziku

Nejedná-li se o nemocnice, nebo stavby s nebezpečím výbuchu, tak se rovnice zjednoduší na tvar:

$$RI = RA + RB + RU + RV$$

Norma ČSN-62305-2 nám říká, že každou součást rizika R, můžeme určit jako:

$$RX = NX \cdot PX \cdot LX$$

NX – četnost výskytu nebezpečných událostí za rok

PX – pravděpodobnost vzniku škod

LX – následné ztráty (v jakém rozsahu vznikne určitá škoda)

Dle normy by míra takového rizika měla být menší než:

$$R_T = 10^{-5} \text{ 1/rok}$$

Pro přesný výpočet rizika u zabezpečovaného objektu jsem použil volně dostupný software, nazvaný Milanův software, stažitelný na stránkách kniska.eu. S ohledem na geografické poloze, výšce objektu, výskytu bouřek a počtu osob v domě stanovil software výsledek výpočtu na $2,16 \cdot 10^{-5}$, což nesplňuje stanovené minimum. Z tohoto důvodu je třeba navrhnout takovou úroveň ochrany, aby se podařilo riziko snížit. [3], [15]

Riziko R1 - riziko ztrát lidských životů		
0,0000 21672116	>	0,0000 10000000
vypočtené riziko		připustné riziko
Riziko R2 - riziko ztrát na veřejných službách		
0,000000000000 0	<	0,00 1000000064
vypočtené riziko		připustné riziko
Riziko R3 - riziko ztrát na kulturním dědictví		
0,000000000000 0	<	0,000 1000000000
vypočtené riziko		připustné riziko
Riziko R4 - riziko ztrát ekonomických hodnot		
0,0000 72908064	<	100,000000376832
vypočtené riziko		připustné riziko

Obr. 11 Výpočet rizika bez návrhu LPS

Jak můžeme vidět na obrázku výše, stav ochrany před bleskem nevyhovuje minimu pro riziko ztrát na lidských životech. Ke splnění rizika jsem navrhnul úroveň ochrany LPS III, a znovu riziko spočetl. Nový výpočet již stanovil, že je riziko v normě. Stanovená úroveň LPS je tedy v pořádku.

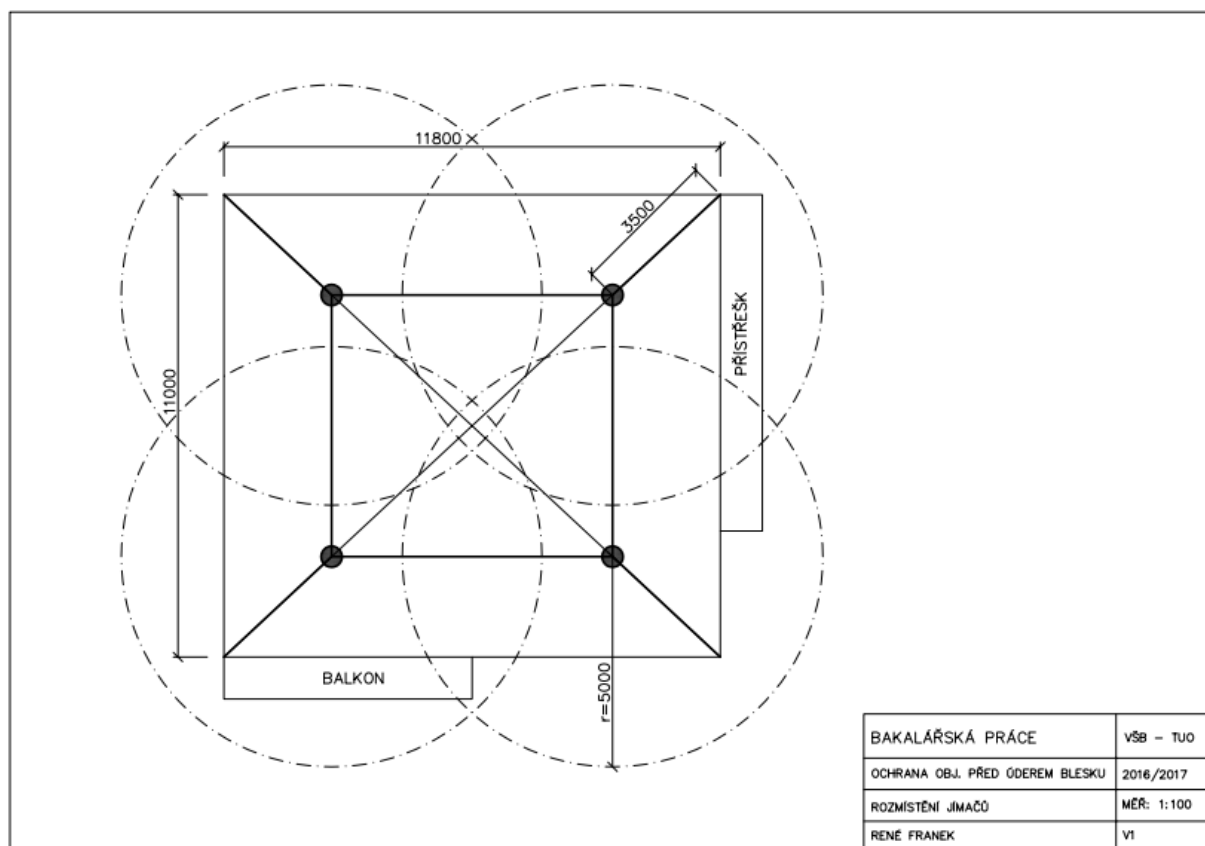
Riziko R1 - riziko ztrát lidských životů		
0,00000 8162415	<	0,0000 10000000
vypočtené riziko		připustné riziko
Riziko R2 - riziko ztrát na veřejných službách		
0,00000000000 0	<	0,00 1000000064
vypočtené riziko		připustné riziko
Riziko R3 - riziko ztrát na kulturním dědictví		
0,00000000000 0	<	0,000 100000000
vypočtené riziko		připustné riziko
Riziko R4 - riziko ztrát ekonomických hodnot		
0,0000 46969436	<	100,000000376832
vypočtené riziko		připustné riziko

Obr. 12 Výpočet rizika s LPS III.

Dalším krokem bude určení počtu a umístění jímáčů. Určení provedeme na základě zvolené metody. Pro tento případ objektu zvolím metodu ochranného úhlu.

Vzhledem tvaru a výšky budovy jsem zvolil umístění čtyř jímacích tyčí. Tyto jímací tyče jsou 2,5 metrů vysoké. Tuto výšku jsem zvolil, na základě faktu, že je na střeše domu umístěna anténa o výšce 2 metrů. Pro zjištění ochranného úhlu, jsem uvažoval výšku budovy 8 metrů. Pro tuto výšku, nám norma ČSN 62305-3 udává, že velikost ochranného úhlu je 64°. Následně jsem graficky zpracoval zjištěná data do obrázku, uvedeného níže.[3]

Kolem jímáčů vzniklo ochranné pásmo o poloměru 5 metrů. Nejdříve jsem si na půdorys budovy nakreslil pomyslné úhlopříčky, na které jsem umístil jímací tyče tak, aby každá jímací tyč byla vzdálena 3,5 metru od rohu budovy. Tímto rozmístěním jsem dosáhl spolehlivého pokrytí celé budovy.



Obr. 13 Umístění jímačů, rozmístění svodů.

Následně je třeba zvolit počet svodů. Z tabulky číslo 4, umístěné výše, vyplývá, že pro objekt v LPS III je vzdálenost mezi svody 15 metrů, s tolerancí 20%. Náš objekt má celkový obvod 45,6 metrů. Z toho vyplývá, že na objekt můžeme rozmístit tři svodiče. Z důvodu souměrnosti ovšem umístíme svodiče čtyři. Tyto svodiče rozmístím rovnoměrně tak, aby vedly co možná nejkratší cestou k zemi. Výsledné rozmístění svodičů je znázorněno na obrázku. Svodiče budou upevněny k budově podpěrrou na každém metru jejich délky. Každý svod bude opatřen zkušební svorkou.

Dalším krokem bude výpočet dovolených vzdáleností. Vzorec pro výpočet dovolené vzdálenosti s , je:

$$s = k_i (k_c/k_m) l$$

Kde:

s – dostatečná vzdálenost

k_i – koeficient závislý na třídě LPS

k_c – koeficient závislý na bleskovém proudu tekoucím svody

k_m – koeficient závislý na materiálu elektrické izolace

l – vzdálenost jímací soustavy nebo svodu od bodu kde je zjišťovaná dostatečná

vzdálenost [6]

Dovolenou vzdálenost jsem vypočetl pomocí softwaru na stránkách kniska.eu. Tento software stanovil dostatečnou vzdálenost na $s = 0,42$ metru.

Rozměry budovy

šířka a: 11,00 m výška h: 8,00 m
délka b: 11,80 m

Parametry mřížové soustavy

počet polí mezi svody: strana A: 1 strana B: 1

Počet svodů celkem: 4 koeficient $k_c = 0,4526638$

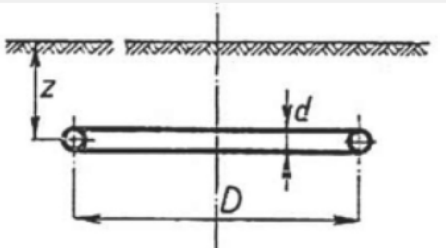
rozteče: C1: 11,00 C2: 11,80 m

Vzdálenost L: 11,50 m inkrement: 0,10

Dostatečná vzdálenost S: 0,4164507 m

Obr. 14 Výpočet dovolené vzdálenosti

Dále zvolíme typ zemnicí soustavy. Jelikož bude uzemnění ve formě pásu, musíme k uzemnění přistupovat, jako k zemniči typu B. Pro návrh zemnicí soustavy bylo třeba zjistit hodnotu měrného odporu zeminy. K zjištění této hodnoty jsem použil měřicího přístroje, který stanovil hodnotu měrného odporu zeminy na $220 \Omega/\text{m}$, což odpovídá zhruba hodnotě pro ornici. Zemnič bude realizován ve formě pásu o průměru 30 milimetrů, v kruhu kolem budovy o průměru 19 metrů, zakopaný do hloubky jednoho metru. Při tomto uspořádání vychází odpor zemniče $R=7 \Omega$.



Průměr kruhu D m průměr d mm

Hloubka uložení pod povrchem Z

odpor zeminy ρ Ωm

Odpor zemniče R 6,996018 Ω

Obr. 15 Výpočet zemničí soustavy

Posledním krokem bude provedení vnitřní ochrany před bleskem pomocí přepětových ochran.

První ochrana SPD I bude umístěna v hlavním rozvaděči, paralelně přes odpínač a co nejbližší k přívodu. Použiji kombinovaný DEHNventil M TNC 255. Jelikož se jedná o dvougenerační dům, je složen z dvou oddělených bytových jednotek. Pro každý takový byt bude umístěn podružný rozvaděč, s přepětovou ochranou SPD II, stejně tak pro společnou pracovní místnost. V tomto případě použiji ochranu DEHNguard modular. Tímto zajistíme ochranu pro každé patro. Dále bude v každé zásuvce umístěna přepětová ochrana SPD III DEHNflex. Všechny ochrany budou od výrobce Dehn, aby bylo zajištěno jejich vzájemné doplňování a selektivita. Všechny součásti navrženého hromosvodu budou značky Dehn.

Pro sestrojení tohoto hromosvodu je zapotřebí:

4x jímací tyč Dehn kat. č. 105 425

48x betonový podstavec kat. č. 102 075

48x podložka kat. č. 102 060

36x Izolovaná podpěra vedení se svorkou MMV kat. č. 106 150

20x Izolovaný držák vedení kat. č. 106 165

8x MV Svorka kat. č. 390 079

2x Okap.svorka kat. č. 339 069

Drát-nerez, 80m, kat. č. 860 910

3x Vodič CUI 3m, kat. č. 830 208

12x Podpěra vedení pro CUI kat. č. 275 229

8x UNI svorka kat.č. 459 129

Pásek z korozivzdorné oceli, 60m, kat. č. 860 335

4x Zaváděcí tyč kat. č. 104 903

4x Připojovací svorka kat. č. 365 229

4. Normy

Od data 1. 12. 2006 se v České republice uvedla v platnost, jako soubor českých technických norem pro ochranu před bleskem, norma ČSN EN 62305. Tento soubor norem ČSN EN 62305 je identický s evropskými normami EN 62305 a mezinárodními normami IEC 62305.

Norma nahradila v minulosti platící normu ČSN 34 1390. Srovnáme-li obě tyto normy, zjistíme, že norma ČSN 62305 oproti předchozí normě ČSN 34 1390 zavádí jisté změny.

Mezi tyto změny patří:

- vyhodnocení potřeby ochrany před bleskem metodou ocenění rizika;
- rozdělení systémů ochrany staveb před bleskem do čtyř tříd, které odpovídají čtyřem hladinám ochrany před bleskem;
- zóny ochrany před bleskem;
- metodu valící se koule pro návrh jímací soustavy;
- ochranu elektrických a elektronických systémů ve stavbách proti přímým účinkům bleskového proudu i proti účinkům magnetických polí vyvolaných bleskem pomocí pospojování, vedení tras, magnetických stínění a přepětových ochranných zařízení.

Norma ČSN 62305 se skládá z několika částí:

Norma ČSN 62305-1: Obecné principy

Norma informuje o nebezpečí blesku, o parametrech blesku, o odvozených parametrech pro simulaci účinků blesku a o parametrech zkoušek pro simulaci účinků blesku.

Soubor norem ČSN EN 62305 - Ochrana před bleskem					
Parametry bleskového proudu					
Ochranná úroveň /Třída LPS		I	II	III	IV
Parametry prvního dílčího výboje blesku					
Maximální hodnota proudu	i_{max} [kA]	200	150	100	100
Náboj	Q_{imp} [C]	100	75	50	50
Specifická energie	W/R [kJ/Ω]	10000	5625	2500	2500
Strmost	d/d_t [kA/μs]	200	150	100	100
Poměr délky trvání čela/půltýlu (tvar vlny)	T_1/T_2 [μs]	10/350			
Parametry následného výboje blesku					
Maximální hodnota proudu	i_{max} [kA]	50	37,5	25	25
Průměrná strmost proudu	d/d_t [kA/μs]	200	150	100	100
Poměr délky trvání čela/půltýlu (tvar vlny)	T_1/T_2 [μs]	0,25/100			
Parametry proudu dlouhé vlny					
Náboj dlouhé vlny	$Q_{dlouhá\ vlny}$ [C]	200	150	100	100
Délka trvání dlouhé vlny	$T_{dlouhá\ vlny}$ [s]	0,5			

Tab. 9 Parametry bleskového proudu dle normy ČSN 62305-1 [8]

Úroveň ohrožení Hladina ochrany před bleskem LPL	Maximální parametry bleskového výboje Kritérium pro dimenzování LPS		Minimální parametry bleskového výboje Kritérium zachycení výboje		
	Maximální vrcholová hodnota bleskového proudu	Pravděpodobnost, že vrcholová hodnota proudu skutečného výboje bude nižší než maximální	Minimální vrcholová hodnota bleskového proudu	Pravděpodobnost, že vrcholová hodnota proudu skutečného výboje bude vyšší než minimální	Poloměr bleskové koule r
	I_{max}		I_{min}		
I	200 kA	99 %	3 kA	99 %	20 m
II	150 kA	98 %	5 kA	97 %	30 m
III	100 kA	97 %	10 kA	91 %	45 m
IV	100 kA	97 %	16 kA	84 %	60 m

Tab. 10 Kritéria[8]

Škody na stavbě

Blesk působící na stavbu může způsobit poškození vlastní stavby, jejích obyvatel a obsahu, včetně poruch vnitřních systémů. Poškození a poruchy mohou také zasáhnout okolí stavby a dokonce postihnout místní životní prostředí. Míra tohoto zasažení závisí na vlastnostech stavby a na charakteristikách úderu blesku

Norma ČSN 62305-2: Řízení rizika

Abychom snížili ztráty způsobené bleskem, může nastat situace, kdy jsou požadována ochranná opatření. Kdy, a v jakém měřítku je třeba tyto opatření provést nám vypovídá ocenění rizika. Tato část normy slouží ke stanovení míry tohoto rizika pro stavby nebo inženýrské sítě. Rizikem rozumíme pravděpodobné průměrné roční ztráty na stavbách nebo inženýrských sítích, způsobené úderem blesku.

Toto riziko, které je definované v této části normy, závisí:

- počtu úderů blesku za rok ovlivňujících stavbu a inženýrskou síť;
- pravděpodobnosti poškození jedním působením úderu blesku;
- průměrným rozsahem následných ztrát.

Počet úderů blesku působících na stavby či inženýrské sítě ovlivňují rozměry a vlastnosti objektu, charakter okolního prostředí, ve kterém se objekt nachází, a na hustotě úderů blesků do země na ploše, na níž je objekt umístěn.

Pravděpodobnost poškození závisí na charakteru stavby či inženýrské sítě, na charakteristikách bleskového proudu a na druhu ochranných opatření a jejich účinnosti.

Průměrný roční rozsah následných ztrát závisí na rozsahu a vážnosti škod, a na následných účincích vzniklých jako následek úderu blesku. Rozsah následných ztrát lze snížit použitím již zmíněných ochranných opatření, jejichž účinek vyplývá z jejich vlastností.

V případech, kdy se vyžaduje, aby nenastalo žádné nepředvídatelné riziko, může být přijato rozhodnutí o provedení ochrany, aniž bychom brali v úvahu výsledek jakéhokoli ocenění rizika.

Norma ČSN 62305-3: Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života

Na začátku projektu by měl projektant a architekt či investor dosáhnout vzájemné dohody pro budoucí instalaci hromosvodu tak, aby byly splněny jak architektonické požadavky budovy, tak i bezpečnostní hlediska. Třetí část normy ČSN 62305 se zabývá vnějším LPS a pospojováním proti blesku. Norma nám ukládá předpisy pro použití náhodných stavebních prvků objektu jako ochrany před bleskem

Vnější LPS izolovaný (oddálený) od stavby

Vnější LPS je hromosvod, jehož jímací soustava a svody jsou elektricky izolovány od všech vodivých částí stavby. Existují dvě provedení:

a) vnější LPS bez jakéhokoli kontaktu s chráněnou stavbou (klasický oddálený hromosvod dle ČSN 34 1390);

b) vnější LPS zřízený přímo na chráněné stavbě, ale pouze v kontaktu s materiály, které mají vlastnosti elektrických izolantů (například nevodivá střešní krytina, zdivo, apod.), nebo vodivými materiály, ale elektricky izolovanými od všech vnitřních vodivých částí stavby.

Vnější LPS neizolovaný (neoddálený) od stavby

Vnější LPS je hromosvod, jehož jímací soustava a svody jsou elektricky vodivě spojeny buď s některými nebo se všemi vodivými částmi stavby, nebo LPS u něhož se vodivé části stavby stávají přímo součástí LPS a je počítáno, že v případě přímého úderu blesku jimi bude procházet bleskový proud.

Postup při návrhu vnějšího LPS

Na základě softwaru se určí třída LPS, která by měla zohlednit nejen materiál a provedení stavby, ale také její vnitřní vybavení. Tyto všechny údaje jsou dále využity také pro návrh jímací soustavy, soustavy svodů a uzemnění.

Přípustné metody návrhu jímací soustavy podle ČSN EN 62305-3							
metoda	ochranný úhel [°]				valící se koule	mřížová soustava	
třída LPS (úroveň ochrany)	výška objektu h [m]				poloměr koule r [m]	velikost oka mříže [m]	odstup svodů okruž. vedení [m]
	20 m	30 m	45 m	60 m			
I	25°	*	*	*	20	5 × 5	10
II	35°	25°	*	*	30	10 × 10	10
III	45°	35°	25°	*	45	15 × 15	15
IV	55°	45°	35°	25°	60	20 × 20	20

Tab. 11 Přípustné metody návrhu jímací soustavy[8]

Hodnoty ochranného úhlu a vzdáleností v závislosti na třídě LPS a výšce jímáče								
výška ** jímáče nad zemí h [m]	třída LPS I		třída LPS II		třída LPS III		třída LPS IV	
	r = 20 m		r = 30 m		r = 45 m		r = 60 m	
	ochranný úhel α [°]	délka * chráněného pásma a [m]	ochranný úhel α [°]	délka * chráněného pásma a [m]	ochranný úhel α [°]	délka * chráněného pásma a [m]	ochranný úhel α [°]	délka * chráněného pásma a [m]
1 m	67°	2,36 m	71°	2,90 m	74°	3,49 m	78°	4,70 m
2 m	67°	4,71 m	71°	5,81 m	74°	6,97 m	78°	9,41 m
3 m	67°	7,07 m	71°	8,71 m	74°	10,46 m	78°	14,11 m
4 m	65°	6,43 m	69°	10,42 m	72°	12,31 m	76°	16,04 m
5 m	59°	6,66 m	65°	10,72 m	70°	13,74 m	73°	16,35 m
6 m	57°	7,70 m	62°	11,28 m	68°	14,85 m	71°	17,43 m
7 m	54°	8,26 m	60°	12,12 m	66°	15,72 m	69°	18,24 m
8 m	52°	8,96 m	58°	12,80 m	64°	16,40 m	68°	19,80 m
9 m	49°	9,20 m	56°	13,34 m	62°	16,93 m	66°	20,21 m
10 m	47°	9,65 m	54°	13,76 m	61°	18,04 m	65°	21,45 m
11 m	45°	10,00 m	52°	14,08 m	59°	18,31 m	64°	22,55 m
12 m	42°	9,90 m	50°	14,30 m	58°	19,20 m	62°	22,57 m
13 m	40°	10,07 m	49°	14,95 m	57°	20,02 m	61°	23,45 m
14 m	37°	9,80 m	47°	15,01 m	55°	19,99 m	60°	24,25 m
15 m	35°	9,80 m	45°	15,00 m	54°	20,65 m	59°	24,96 m
16 m	33°	9,74 m	44°	15,45 m	53°	21,23 m	58°	25,61 m
17 m	30°	9,24 m	42°	15,31 m	52°	21,76 m	57°	26,18 m
18 m	28°	9,04 m	40°	15,10 m	50°	21,45 m	56°	26,69 m
19 m	25°	8,39 m	39°	15,39 m	49°	21,86 m	55°	27,13 m
20 m	23°	8,07 m	37°	15,07 m	48°	22,21 m	54°	27,53 m
21 m			36°	15,26 m	47°	22,52 m	53°	27,87 m
22 m			35°	15,40 m	46°	22,78 m	52°	28,16 m
23 m			33°	14,94 m	45°	23,00 m	51°	28,40 m
24 m			32°	15,00 m	44°	23,18 m	50°	28,60 m
25 m			30°	14,43 m	43°	23,31 m	49°	28,76 m
26 m			29°	14,41 m	42°	23,41 m	49°	29,91 m
27 m			27°	13,76 m	40°	22,66 m	48°	29,99 m
28 m			26°	13,66 m	39°	22,67 m	47°	30,03 m
29 m			25°	13,52 m	38°	22,66 m	46°	30,03 m
30 m			23°	12,73 m	37°	22,61 m	45°	30,00 m
31 m					36°	22,52 m	44°	29,94 m
32 m					35°	22,41 m	44°	30,90 m
33 m					35°	23,11 m	43°	30,77 m

Tab. 12 Hodnoty ochranného úhlu a vzdáleností do 33 m.[8]

Podmínky pro použití plechových krytin a potrubí jako jímáčiho zařízení		
Minimální tloušťka plechu, kdy propálení plechu či vzplanutí materiálu pod oplechováním je:		
materiál	nepřípustné	přípustné
pozinkovaná ocel	4 mm	0,5 mm
měď	5 mm	0,5 mm
hliník/nerez	7 mm	0,7 mm

Tab. 13 Podmínky pro použití plechových krytin a potrubí jako jímáčiho vedení[8]

Doporučená výška jímáčů nad plechovou střechou	
odstup jímacího vedení	výška jímáče
3 m	0,15 m
4 m	0,25 m
5 m	0,35 m
6 m	0,45 m

Tab. 14 Doporučená výška jímáčů nad plechovou střechou[8]

Kontrola dostatečné vzdálenosti

Elektrické izolace mezi jímací soustavou nebo svody na jedné straně a chráněnými kovovými instalacemi i elektrickými zařízeními, signálními a telekomunikačními zařízeními uvnitř objektu na straně druhé může být dosaženo dodržením dostatečné vzdálenosti s mezi těmito díly. Při úderu blesku do jímací soustavy budovy se bude bleskový proud snažit téci co nejkratší a nejprímější (kolmou) cestou i přes vnitřní vodivé součásti budovy (i metalická vedení) do uzemňovací soustavy. Proto při výpočtu dostatečné vzdálenosti s, by se neměla počítat jen vzdálenost ve vodorovném směru, ale především ve svislém směru (kritické místo instalace).

Uzemnění

Důležitými kritérii uzemnění jsou jeho tvary a rozměry tak, aby došlo k rozptýlení bleskového proudu do země (vysokofrekvenční chování) a byla zmenšena nebezpečná přepětí. Z hlediska ochrany před bleskem je potřeba upřednostnit jednu integrovanou uzemňovací soustavu stavby, která je vhodná pro všechny instalace, např. pro ochranu před bleskem, silnoproudé a telekomunikační systémy. Pro účely uzemnění se používají dva základní typy uspořádání zemničů:

- uspořádání typu A

Toto uspořádání uzemňovací soustavy se skládá z vodorovného nebo svislého zemniče, instalovaného vně chráněné stavby, který je spojen s každým svodem. Pro uspořádání typu A nesmí být celkový počet zemničů nižší než dva.

- uspořádání typu B

Toto uspořádání uzemňovací soustavy sestává buď z obvodového zemniče vně chráněné stavby, který je uložen minimálně 80 % své celkové délky v zemině, nebo ze základového zemniče. Takový zemnič může být také mřížový. Obvodový zemnič (uspořádání typu B) by měl být přednostně uložen v nezamrzající hloubce země a ve vzdálenosti 1 m od vnějších zdí stavby. Hloubka uložení a typ zemniče musí být zvoleny tak, aby byly minimalizovány vlivy koroze, vysušování a promrzání půdy a dohodnutý zemní odpor zemniče zůstal stálý. Při projektování je třeba provést kontrolu navržené uzemňovací soustavy.

Prostory s nebezpečím výbuchu

Norma ČSN EN 62305-3 obsahuje i informace pro návrh, projektování, rozšíření a změny LPS pro stavby s prostory s nebezpečím výbuchu. Je-li nutné zřídit ochranu před bleskem na právním základě a nejsou-li k dispozici výsledky výpočtu rizika podle ČSN EN 62305-2, použijí se opatření odpovídající třídě LPS I. Ochranný systém by měl být navržen a proveden tak, aby při přímém úderu blesku nevzniklo kromě místa úderu žádné tavení a rozstříknutí materiálu a zejména se zabránilo nebezpečnému jiskření.

ČSN EN 62305- 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách

Norma obsahuje informace pro návrh, instalaci, revizi, údržbu a zkoušení ochranných opatření před LEMP (LPMS) pro elektrické a elektronické systémy uvnitř staveb, která jsou schopna snížit riziko stálých poruch způsobených elektromagnetickým impulzem blesku. Tato norma neobsahuje ochranu před elektromagnetickou interferencí způsobenou bleskem, která může způsobit chybnou funkci elektronických systémů.

Ochranná opatření před elektromagnetickou interferencí jsou obsažena v souborech IEC 60364-4-44 a IEC 61000. Tato norma poskytuje metodické pokyny pro spolupráci mezi projektantem elektrického a elektronického systému, a projektantem ochranných opatření, s cílem dosáhnout optimální efektivní ochrany, ale nepočítá s detailním návrhem elektrických a elektronických systémů.

Elektrické a elektronické systémy jsou ohroženy elektromagnetickým impulzem vyvolaným bleskem (LEMP). Proto je nutné zajistit ochranná opatření před LEMP, aby se zabránilo výpadkům vnitřních systémů.

Ochrana před LEMP je založena na koncepci zón ochrany před bleskem (LPZ): prostor, který obsahuje ochranný systém, musí být rozdělen do LPZ. K těmto zónám jsou teoreticky přiřazeny prostory, kde úroveň LEMP je shodná s odolností systémů uvnitř zón (viz obrázek str. 129). Následné zóny jsou charakterizovány podstatnými změnami odolnosti proti LEMP. Rozhraní LPZ je definováno použitými ochrannými opatřeními.

Všechny kovové inženýrské sítě vstupující do stavby jsou pospojovány přes hlavní přípojnicí pospojování na rozhraní LPZ 1. Kromě toho jsou metalické inženýrské sítě vstupující do LPZ 2 (například počítačová místnost) pospojovány přes přípojnice na rozhraní LPZ 2. Pro dosažení efektivních nákladů a účinného systému ochrany, by měl být proveden návrh systému ochrany pro vnitřní systémy během projektování stavby a před výstavbou. Toto umožňuje optimalizaci použití náhodných součástí stavby a výběr nejlepšího kompromisního řešení pro uložení kabelů a umístění zařízení.

Pro dodatečnou montáž ve stávajících stavbách, jsou všeobecně náklady na LPMS vyšší než náklady v nových stavbách. Avšak investiční náklady je možno snížit na minimum vhodným výběrem LPZ a použitím existujících instalací nebo jejich aktualizací.

Náležité ochrany může být dosaženo pouze:

- jsou-li ochranná opatření navržena odborníkem v ochraně před bleskem; – je-li zajištěna dobrá koordinace mezi různými odborníky různých profesí zapojenými do stavby budovy a LPMS (například stavebními a elektroinženýry);
- je-li plněn plán managementu

[3][8][16]

5. Závěr

V této bakalářské práci, týkající se zabezpečení objektu před úderem blesku, jsem se rozhodl zabezpečovat dvougenerační rodinný dům, nacházející se v městě Příboře, v městské části Na Benátkách.

Před tvorbou této práce bylo nutné načerpat vědomosti z mezinárodní normy ČSN 62 305, která se zabývá problematikou návrhu a konstrukci hromosvodů. Tato norma se skládá ze čtyř částí. Aby bylo zabezpečení dostatečné, musel jsem tyto části respektovat.

Při postupu návrhu bylo v první řadě nutné určit, do které hladiny ochrany LPS daný objekt spadá. Podle normy ČSN 62 305 je, oproti staré normy platící dříve, nutné stanovit tuto hladinu na základě výpočtu rizika. Na každé takovéto riziko je opět normou stanovené minimum. Při nesplnění tohoto minima musíme navrhnout úroveň vyšší třídy. Při mém výpočtu vyšlo riziko vyšší než je dané minimum a tak jsem navrhl úroveň ochrany LPS III. Zda tato úroveň vyhovuje, jsem si ověřil novým výpočtem, který již vyšel nižší, než minimum. K oběma výpočtům, které jsou komplikovanými výpočty, sestávajícími z mnoha faktorů, jsem použil volně dostupný software.

Na základě znalosti úrovně ochrany jsem pomocí metody ochranného úhlu stanovil počet a rozmístění jímacích tyčí. Dle normy je pro danou výšku budovy a úroveň ochrany stanovena velikost ochranného úhlu. Při znalosti tohoto úhlu jsem navrhl rozmístění jímačů tak, aby byl pokryt celý objekt, a aby nikde nevzniklo nekryté místo. Toto rozmístění jsem pro jistotu ověřil metodou valivé koule. Poloměr takovéto koule pro tuto úroveň ochrany, je 45 metrů. Při ověřování jsem znovu použil dostupný software, pomocí něhož jsem zjistil, že rozmístění jímačů vyhovuje.

Dále jsem opět na základě normy určil počet svodů. Počet svodů se odvíjí od obvodu budovy, který na základě normy vydělíme maximální vzdáleností mezi svody. Pro LPS III je tato vzdálenost 15 metrů s tolerancí 20 %. Na zabezpečovaný objekt jsem tedy umístil rovnoměrně čtyři svody.

Pro návrh zemnicí soustavy jsem potřeboval znát měrnou rezistivitu půdy. Tuto veličinu jsem zjistil přímo, a to měřením na pozemku zabezpečovaného objektu. Hodnota byla 220 Ω /m. Dále bylo třeba s touto hodnotou počítat pro určení parametrů zemniče, jehož zemní odpor nesmí přesáhnout 10 Ω . Zemnicí soustavu jsem navrhnul jako typ B, tedy pásu kolem budovy o průměru 40 milimetrů, v hloubce 0,6 metrů, v kruhu o průměru 18 metrů. Návrh vnější ochrany byl tedy hotov.

Pro úplnou ochranu, bylo třeba navrhnout ještě umístění přepětových ochran uvnitř budovy. Na hlavní rozvaděč v budově jsem umístil ochranu SPD III. Jelikož je budova dvougeneračním domem, uvažoval jsem každé patro jako samostatnou bytovou jednotku, pro kterou jsem navrhl podružný rozvaděč s přepětovou ochranou SPD II. Tuto úroveň jsem použil i pro zabezpečení pracovní místnosti, společnou pro oba byty. Dále jsem pro ochranu spotřebičů a dražších zařízení v jednotlivých bytech použil ochrany SPD I umístěné v zásuvkách.

6. Použitá literatura

- [1] BURANT, J.: Blesk a přepětí: systémové řešení ochran. Praha: FCC Public s.r.o., 2006, ISBN 80-86534-10-3, 252 s.
- [2] ROUS, Z.; SEDLÁČEK, S.; MARKS, W.: Hromosvody a zemniče. Praha: STRO.M, spol. s r.o., 1996, 76 s.
- [3] ČSN EN 62 305 Ochrana před bleskem
- [4] Katalogy, DEHN, OBO-BETTERMANN
- [5] HASSE, P.; ROUS, Z.; POPOLANSKÝ, F.; a kol.: Vnitřní a vnější ochrana zařízení, před účinky blesku a přepětí. 15.vyd. Brno: ELEKTROMANAGEMENT, 1994, 86 s.
- [6] Katalog, DEHN, Katalog hromosvodních součástí. 2015-2016, 320 s.
- [7] HÁJEK, J.; ŠALANSKÝ, D.: První elektronická knížka o ochraně před bleskem. Verze 2.1., 220 s.
- [8] DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG. [online – 15.3.2017]. Dostupné z: www.dehn.cz
- [9] TECHNET CZ. Bouřkový mrak [online – 7.4.2017]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/foto.aspx?foto1=PKA24c710_Clipboard02.jpg
- [10] E-FYZIKA.CZ. Prokop Diviš [online – 15.3.2017]. Dostupné z: <http://www.e-fyzika.cz/fyzici/prokop-divis.php>
- [11] INDELEC HROMOSVODY CZ s.r.o. Hromosvody klasické [online – 15.3.2017]. Dostupné z: <http://www.indelec-hromosvody.cz/index.php/hromosvody-klasicke.html>
- [12] WIKIPECIE otevřená encyklopedie. Hromosvod [online – 27.2.2017]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hromosvod>
- [13] ŠALANSKÝ, D.; HÁJEK, J. DEHN: Fotovoltaické elektrárny a ochrana před bleskem [online – 22.3.2017]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/dehn-tipy-a-triky-pri-instalaci-prepetovych-ochran-cast-9>
- [14] DUDÁŠ, J. Nový přístup k venkovní ochraně před bleskem podle ČSN EN 62305-3 [online – 20.4.2017]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/novy-pristup-k-venkovni-ochrane-pred-bleskem-podle-csn-en-62305-3--11673>
- [15] DASHÖFER HOLDING, LTD. a VERLAG DASHÖFER, NAKLADATELSTVÍ s.r.o. Technická zařízení prakticky: 9/4.2 Návrh hromosvodní ochrany dle souboru norem ČSN EN 62305, 16 s. [online – 17.4.2017]. Dostupné z: https://www.dashofer.cz/download/pdf/tzb_ukazka.pdf
- [16] DEHN: Soubor norem ČSN EN 62305 - Ochrana před bleskem, 9 s. [online – 17.4.2017]. Dostupné z: http://www.hromosvodniatechnika.cz/dokumenty/dehn/DehnKK09CZ_str123-131_SouborNoremCSNEN62305.pdf

- [17] POUL, R. Ochrana před bleskem, 4 s. [online – 18.4.2017]. Dostupné z:
http://www.vosaspsekrizik.cz/cs/download/ochrana_pred_bleskem_2014.pdf
- [18] REAMO BLESK s.r.o. Dvojité hřebenové jímací vedení [online – 25.3.2017]. Dostupné z:
<http://www.reamoblesk.cz/fotoalbum/nase-realizace/rd-tasovice/dvojite-hrebenove-jimaci-vedeni.html>
- [19] BRICHACEK.NET: Metoda ochranného úhlu [online – 20.4.2017]. Dostupné z:
<https://blog.brichacek.net/ochrana-pred-bleskem-vnejsi-ochrana/blesk-metoda-ochranneho-uhlu/>
- [20] KUTÁČ, J.; DEHN + SÖHNE GMBH + CO. KG. LPS podle nového souboru norem ČSN EN 62305 (část 2) [online – 15.4.2017]. Dostupné z:
<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/lps-podle-noveho-souboru-norem-csn-en-62305-cast-2--12757>